



Efectos de la temperatura y la concentración de presas vivas en la larvicultura de *Colossoma macropomum*

Fabio A. Costa Santos^{1*} ; Gustavo Soares da Costa Julio¹ ; André de Sena Souza¹ ;
Pedro P. Cortezzi Pedras¹ ; Ronald Kennedy Luz¹ .

¹Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Departamento de zootecnia, Laboratorio de Aquacultura, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

*Correspondencia: fabioaremil@gmail.com

Recibido: Julio 2023; Aceptado: Diciembre 2023; Publicado: Enero 2024.

RESUMEN

Objetivo. El estudio evaluó el crecimineto y la supervivencia de las larvas de *Colossoma macropomum* a diferentes temperaturas y concentraciones de presa. **Materiales y métodos.** Se utilizaron dos temperaturas (28 y 32°C) y dos concentraciones diarias iniciales (500 y 1.000 nauplios de *Artemia* por larva) de presa. Estas concentraciones se incrementaron cada 5 días durante los primeros 15 días de cultivo. Del día 16 al 30, las larvas recibieron exclusivamente una dieta comercial. **Resultados.** En los primeros 7 días, el peso (P), la longitud total (TL) y la tasa específica de crecimiento diaria (TEC) fueron mayores para los tratamientos T₃₂ (p<0.05). Después de 15 días, P, TL y TEC fueron mayores para CP₁₀₀₀ (p<0.05). Después de 22 días, P y TL sufrieron el efecto de la concentración inicial de presas y la temperatura del agua con valores más altos para CP₁₀₀₀ y T₃₂ (p<0.05). Al final de los 30 días de cultivo, P se vio afectado solo por la temperatura del agua con valores más altos para T₃₂ (p<0.05). La TL mostró efecto de la temperatura y concentración inicial de presas con valores superiores para CP₁₀₀₀ y T₃₂ (p<0.05). Durante la alimentación con dieta comercial (días 16-30 de cultivo), la supervivencia fue mayor para T₃₂ (94.38±6.12%) (p<0.05), sin diferencia para la concentración inicial de presas. **Conclusiones.** Se concluye que la larvicultura de *C. macropomum* debe realizarse con una temperatura de 32° C y que el manejo alimentario debe ser diferenciado durante los primeros 15 días, influido positivamente en el periodo de alimentación con ración.

Palabras clave: Artemia salina; cachama negra; calidad del agua; larvae; tambaqui (*Fuentes:* CAB).

ABSTRACT

Objective. The study evaluated the performance and survival of *Colossoma macropomum* larvae at different temperatures and concentrations of prey. **Materials and methods.** Two temperatures (28 and 32°C) (T) and two initial daily concentrations (500 and 1,000 *Artemia nauplii* per larva) (CP) of prey were used. These concentrations were increased every 5 days during the first 15 days of cultivation. From the 16th to the 30th day, the larvae received exclusively a commercial diet. **Results.** In the first 7 days, weight (P), total length (TL) and daily specific growth rate (SGR) were higher for T₃₂ treatments (p<0.05). After 15 days, P, TL and SGR were higher for CP₁₀₀₀ (p<0.05). After 22

Como citar (Vancouver).

Costa SFA, Soares da CJG; de Sena SA, Cortezzi PPP; Kennedy LR. Efectos de la temperatura y la concentración de presas vivas en la larvicultura de *Colossoma macropomum*. Rev MVZ Córdoba. 2024; 29(1):e3195. <https://doi.org/10.21897/rmvz.3195>



©El (los) autor (es) 2024. Este artículo se distribuye bajo los términos de la licencia internacional Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>), que permite a otros distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de su obra de modo no comercial, siempre y cuando den crédito y licencien sus nuevas creaciones bajo las mismas condiciones.

days, P and TL suffered the effect of the initial concentration of prey and water temperature with higher values for CP_{1000} and T_{32} ($p < 0.05$). At the end of 30 days of cultivation, P was affected only by water temperature with higher values for T_{32} ($p < 0.05$). The TL showed an effect of temperature and initial concentration of prey with higher values for CP_{1000} and T_{32} ($p < 0.05$). During feeding with a commercial diet (days 16-30 of cultivation), survival was higher for T_{32} ($94.38 \pm 6.12\%$) ($p < 0.05$), with no difference for initial prey concentration. **Conclusions.** It is concluded that the larviculture of *C. macropomum* must be carried out with a temperature of 32° C and that the food management must be differentiated during the first 15 days, positively influenced in the period of feeding with ration.

Keywords: Artemia saline; cachama negra; wáter quality; larvae; tambaqui (*Fuentes: CAB*).

INTRODUCCIÓN

La temperatura es un factor abiótico que ejerce una influencia primaria en el crecimiento de los peces (1). Los peces tienen temperaturas óptimas para el crecimiento, la supervivencia (2,3,4,5), el comportamiento, la fisiología (2,6,7,8), la eficiencia alimentaria y el uso de nutrientes (7,9,10), que pueden cambiar según la edad y el tamaño (11,12). La larvicultura puede considerarse la etapa más importante y crítica en la cadena de producción de acuicultura (13,14), debido a la sensibilidad de los organismos a la infección patógena, al manejo nutricional y a los cambios en los parámetros del agua (15,16,17). La temperatura puede ser un factor determinante y limitar la calidad larval durante el desarrollo temprano (1), lo que puede afectar directamente el comportamiento y el metabolismo e influir en el crecimiento y la supervivencia (1,8,18,19,20). Las temperaturas superiores a las consideradas ideales para una especie determinada pueden provocar desviaciones de energía en la búsqueda de oxígeno (21), pérdida de nutrientes a través de disfunciones metabólicas, pérdida de calor (22), acumulación de desechos de nitrógeno y reducción de la alimentación (23), mientras que las bajas temperaturas pueden inducir una ingesta de alimentos reducida (24), cambios en la actividad enzimática y en la osmorregulación (25) y, en consecuencia, un crecimiento reducido.

El sistema digestivo de las larvas de peces todavía se encuentra en desarrollo (26,27) y tiene una gran dificultad para asimilar nutrientes de dietas comerciales (13,28), lo que hace necesario utilizar organismos vivos como alimento para permitir un crecimiento adecuado durante los primeros días de cultivo (29,30). La concentración de presas al comienzo de la alimentación diaria es importante en la larvicultura intensiva (31), ya que, cuando es satisfactoria, puede maximizar el crecimiento

(32,33,34,35,36) y la supervivencia (19,36). El alimento vivo insuficiente puede afectar directamente el crecimiento y la supervivencia de los peces, principalmente debido a disputas entre individuos (13,34), lo que conduce a problemas como el canibalismo y la heterogeneidad del lote. Por otro lado, una alimentación excesiva conlleva un aumento de los costos de producción y puede influir negativamente en los parámetros de calidad del agua (33,37).

El Tambaqui (Brasil) o Cachama negra (Colombia), *Colossoma macropomum*, es una especie importante de acuicultura en América Latina y es la segunda especie más producida en Brasil. Sin embargo, hay poca información en la literatura sobre la larvicultura de la especie, con trabajos realizados únicamente sobre la densidad de siembra en un sistema de recirculación de agua (38,39) y en tanques de albañilería (40) y con diferentes salinidades (41), colores de tanques (42) y dietas en la primera alimentación (43). El estudio de la alimentación larval (41) utilizó temperaturas cercanas a 29° C y 28° C, respectivamente, y concentraciones diarias similares de presas, con 500 nauplios de Artemia durante los primeros cinco días y 750 del 6° al 10° día de larvicultura. Sin embargo, no existen estudios sobre los efectos de diferentes temperaturas en el consumo de alimentos por parte de *C. macropomum* durante los primeros días de larvicultura. La determinación de estos factores es importante para la larvicultura de peces y puede contribuir directamente al establecimiento de un protocolo para las primeras etapas de vida de esta especie en producción.

El objetivo del presente estudio fue evaluar el crecimiento y la supervivencia de las larvas de *C. macropomum* cultivadas a diferentes temperaturas y concentraciones de presas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio. El estudio se llevó a cabo en el Laboratório de Aquicultura (LAQUA) de la Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) en Brasil. Las larvas de *C. macropomum* fueron adquiridas en la piscifactoría Biofish Aquicultura, ubicada en la ciudad de Porto Velho, estado de Rondônia, Brasil. Las larvas de 4 días post-eclosión (DPE) fueron empacadas en una bolsa de plástico con 5 L de agua y transportadas en avión durante 24 horas.

En LAQUA, las larvas se aclimataron y se almacenaron en tanques circulares de 28 L en un sistema de recirculación de agua (RAS), donde se les suministró nauplios de *Artemia ad libitum* para recuperarse del estrés del viaje. La temperatura y el oxígeno disuelto del agua del RAS fueron de $28.02 \pm 0.34^\circ\text{C}$ y $5.67 \pm 0.30 \text{ mg L}^{-1}$, respectivamente (medido con una sonda multiparamétrica YSI 6920VZ2), el pH fue de 7.83 ± 0.33 (sonda multiparamétrica portátil Hanna HI98130) y el amoníaco total fue de $0.25 \pm 0.00 \text{ mg L}^{-1}$ (prueba colorimétrica Labcon).

Todos los procedimientos descritos aquí fueron aprobados por el Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA - UFMG - nº 292/2020).

Larvicultura de *C. macropomum* bajo diferentes concentraciones de presas y temperaturas. Inicialmente, 320 larvas de *C. macropomum* (6 DPH; longitud total promedio $4.90 \pm 0.31 \text{ mm}$, peso promedio $101 \pm 0.02 \text{ mg}$) se distribuyeron en 16 tanques circulares de 2 L, a una densidad de 10 larvas L^{-1} (20 larvas tanque^{-1}), en un sistema estático con aireación constante. Las larvas se mantuvieron bajo un fotoperíodo de 12:12 con un nivel de luz de 150 lux en la superficie del agua. Durante el experimento, la salinidad del agua en los tanques se mantuvo en 2 g de sal L^{-1} utilizando sal común (Sal Refinada Heron LTFA, Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil. Ingredientes: cloruro de sodio y ferrocianuro de sodio) (38,39).

Se ofrecieron nauplios de *Artemia* (*Artemia sp.* - *Artemia salina* de RN, Brasil) como alimento para las larvas de *C. macropomum* en tres alimentaciones diarias (08:00, 12:00 y 16:00 h) durante los primeros 15 días de larvicultura (Fase 1), siguiendo recomendaciones (38,39). Se utilizaron dos concentraciones iniciales diarias de nauplios de *Artemia*

(CP): $\text{CP}_{500} = 500$ nauplios de *Artemia larva}^{-1} y $\text{CP}_{1000} = 1000$ nauplios de *Artemia larva}^{-1}.**

El tratamiento CP_{500} recibió diariamente 500 nauplios de *Artemia larva}^{-1} desde el día 1 hasta el día 5 de la larvicultura, 750 nauplios de *Artemia larva}^{-1} desde el día 6 hasta el día 10 y 1000 nauplios de *Artemia larva}^{-1} desde el día 11 hasta el día 15 (38,39). El tratamiento CP_{1000} recibió diariamente 1000 nauplios de *Artemia larva}^{-1} desde el día 1 hasta el día 5 de la larvicultura, 1500 nauplios de *Artemia larva}^{-1} desde el día 6 hasta el día 10 y 2000 nauplios de *Artemia larva}^{-1} desde el día 11 hasta el día 15. Se utilizaron temperaturas de 28°C (T_{28}) y 32°C (T_{32}) para cada concentración inicial de presa. Los aumentos respectivos después de cada 5 días de alimentación con *Artemia* corresponden al 50% en ambos tratamientos, y son necesarios debido al crecimiento de los animales. Los tanques de cultivo se colocaron en baños termostatzados inicialmente mantenidos a la misma temperatura que el sistema de cultivo inicial ($28.02 \pm 0.34^\circ\text{C}$). La temperatura en el tratamiento T_{32} se ajustó gradualmente cada dos horas en 1°C . El diseño experimental fue un esquema factorial 2×2 con cuatro tratamientos (dos temperaturas y dos concentraciones de presas) con cuatro repeticiones cada uno.******

A partir del día 16 de la larvicultura, los animales se mantuvieron en sus tanques originales y dejaron de recibir nauplios de *Artemia* y comenzaron a recibir una dieta extruida comercial (Fase 2) exclusivamente como alimento tres veces al día (08:00, 12:00 y 16:00 h) a una tasa del 10% de la biomasa de cada tanque (38,39). La ración Qualis Acqua Alevinos 46% de 1.5 mm de diámetro contenía 460 g Kg^{-1} de proteína cruda, 80 g Kg^{-1} de extracto de éter y 1030 mg Kg^{-1} de vitamina C. El tamaño del pellet se adaptó para los peces triturándolo.

Los tanques se limpiaron durante ambas fases con un cambio del 50% del volumen por la mañana y por la tarde de cada día con agua que tenía la misma temperatura que cada tratamiento. La temperatura y el oxígeno disuelto (DO) se midieron diariamente en todas las unidades experimentales (tanques) y el DO fue similar entre los tratamientos ($T_{28} = 28.02 \pm 1.08^\circ\text{C}$ y $T_{32} = 31.95 \pm 0.55^\circ\text{C}$, $\text{DO} = 6.45 \pm 0.15 \text{ mg L}^{-1}$). El pH del agua y la salinidad, medidos diariamente por la mañana utilizando una sonda multiparamétrica portátil (Hanna - HI98130), fueron 7.41 ± 0.34 y $2.02 \pm 0.30 \text{ g L}^{-1}$ de sal, respectivamente. Las

concentraciones de amoníaco total, medidas diariamente en cada tanque mediante el método colorimétrico (Labcon Test), fueron:

$T_{28}CP_{500} = 0.50 \pm 0.67 \text{ mg L}^{-1}$, $T_{28}CP_{100} = 0.63 \pm 0.94 \text{ mg L}^{-1}$, $T_{32}CP_{500} = 0.48 \pm 0.67 \text{ mg L}^{-1}$ y $T_{32}CP_{1000} = 0.66 \pm 1.27 \text{ mg L}^{-1}$.

Crecimiento y supervivencia. El crecimiento se determinó midiendo el peso (P) y la longitud (TL) de los animales utilizando, respectivamente, una balanza digital de precisión (Analytical Balance Ay-220-220 g \times 0.0001 g Mars - Brasil) y un calibrador digital con una resolución de 0.01 mm/0.0005 (King Tools). Las larvas fueron anestesiadas con una solución de eugenol (20 mg L^{-1}) para la biometría (38,39), con la humedad siendo eliminada utilizando papel de filtro (Unifil, diámetro: 11 cm) para la determinación del peso seco, después de lo cual fueron devueltas al tanque original. La biometría se realizó después de 7, 15, 22 y 30 días de larvicultura. La tasa específica de crecimiento diario (TEC) se calculó utilizando datos de peso y la fórmula:

$TEC = 100 \times (\ln Pf - \ln Pi) / \text{intervalo entre biometrías \% día}^{-1}$

donde Pi es el peso inicial y Pf es el peso final.

La tasa de supervivencia se determinó al final de la Fase 1 y la Fase 2 (después de 15 y 30 días de larvicultura, respectivamente) utilizando la siguiente fórmula:

Tasa de supervivencia (%) = (número de larvas vivas por tanque \times 100) / (número total de larvas por tanque).

Análisis estadístico. Los datos se sometieron a la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk. Los datos de ambas fases del experimento se analizaron mediante un ANOVA factorial seguido de la prueba de Tukey al 5% de probabilidad. Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando InfoStat, Córdoba, Argentina.

RESULTADOS

Durante los primeros siete días de larvicultura, P, TL y TEC fueron mayores para T_{32} ($p < 0.05$), sin diferencias para la concentración de presas y sin interacción entre los factores ($p > 0.05$, Tabla 1). Después de 15 días de larvicultura (final de la alimentación con nauplios de Artemia, Fase 1), P, TL y TEC fueron mayores para CP_{1000} ($p < 0.05$)

(Tabla 1). Solo P y TL mostraron un efecto para la temperatura, con valores más altos para T_{32} , sin diferencias para TEC. No hubo interacción entre los factores ($p > 0.05$).

Después de 22 días de larvicultura (después de siete días de recibir solo una dieta comercial), P y TL mostraron un efecto para la concentración inicial de presas y la temperatura con valores más altos para CP_{1000} y T_{32} ($p < 0.05$) (Tabla 2). TEC fue similar entre todos los tratamientos ($p > 0.05$). No hubo interacción entre los factores para el crecimiento ($p > 0.05$).

Después de 30 días de larvicultura, P fue afectado solo por la temperatura con valores más altos para T_{32} ($p < 0.05$) (Tabla 2), mientras que TL mostró un efecto para la temperatura y la concentración inicial de presas con valores más altos para CP_{1000} y T_{32} ($p < 0.05$). No hubo diferencia para TEC y no hubo interacción entre los factores ($p > 0.05$).

Ninguno de los tratamientos experimentó mortalidad durante la alimentación con nauplios de Artemia (días 1-15 de larvicultura, Fase 1) ($p > 0.05$) (Figura 1). La supervivencia durante la alimentación con una dieta comercial (días 16-30 de larvicultura, Fase 2) fue mayor para T_{32} ($p < 0.05$), sin diferencia para la concentración inicial de presas. No hubo interacción entre los factores ($p > 0.05$).

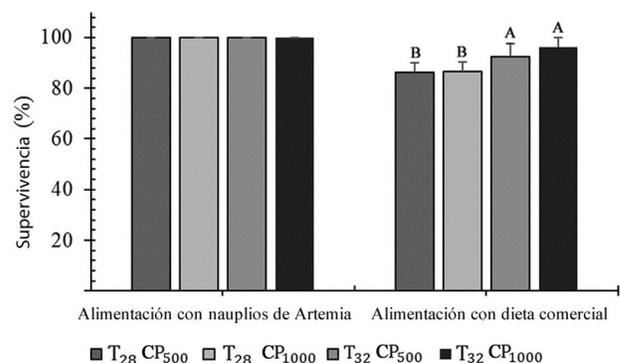


Figura 1. Supervivencia (media \pm desviación estándar) de las larvas de *C. macropomum* bajo diferentes temperaturas (T) y alimentadas con diferentes concentraciones de presas (CP) (nauplios de Artemia) durante los primeros 15 días de larvicultura y con dieta comercial formulada durante los días 16-30 de larvicultura. Diferentes letras indican diferencia estadística entre los tratamientos (prueba de Tukey al 5% de probabilidad).

Tabla 1. Valores promedio (media \pm desviación estándar) de longitud total (TL; mm), peso (P; g) y tasa específica de crecimiento diario (TEC; % día⁻¹) después de siete y 15 días de larvicultura de *Colossoma macropomun* bajo diferentes temperaturas del agua (T) y concentraciones de presas (CP).

Estadística	Valores F (después de 7 días de larvicultura)			Valores F (después de 15 días de larvicultura)		
	P	TL	TEC	P	TL	TEC
Concentraciones de presas (CP)	1.12 ^{ns}	1.62 ^{ns}	0.06 ^{ns}	17.76*	47.59*	7.82*
Temperatura (T)	49.83*	28.54*	42.19*	15.40*	7.77*	0.63 ^{ns}
Interacción CP x T	1.80 ^{ns}	3.30 ^{ns}	1.64 ^{ns}	1.95 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0.04 ^{ns}
Medias para CP						
CP ₅₀₀	0.0248 \pm 0.0008	11.17 \pm 1.016	38.121 \pm 4.382	0.060 \pm 0.019b	14.309 \pm 1.067b	13.343 \pm 3.419b
CP ₁₀₀₀	0.0273 \pm 0.0100	11.68 \pm 1.679	38.441 \pm 6.034	0.095 \pm 0.033a	17.455 \pm 1.100a	18.609 \pm 3.975a
Medias para T						
T ₂₈	0.0179 \pm 0.0033b	10.37 \pm 0.786b	33.993 \pm 2.860b	0.059 \pm 0.022b	15.247 \pm 1.829b	17.138 \pm 5.110
T ₃₂	0.0342 \pm 0.0058a	12.47 \pm 0.931a	42.569 \pm 2.336a	0.097 \pm 0.028a	16.518 \pm 1.932a	14.814 \pm 3.761
Medias para CP X T						
T ₂₈ CP ₅₀₀	0.0182 \pm 0.0030	10.48 \pm 0.680	34.677 \pm 2.149	0.0477 \pm 0.008	13.703 \pm 0.537	14.689 \pm 4.017
T ₂₈ CP ₁₀₀₀	0.0176 \pm 0.0040	10.27 \pm 0.974	33.308 \pm 3.641	0.0703 \pm 0.0284	16.790 \pm 1.079	19.586 \pm 5.366
T ₃₂ CP ₅₀₀	0.0314 \pm 0.0069	11.86 \pm 0.819	41.562 \pm 2.931	0.0729 \pm 0.0177	14.915 \pm 1.179	11.997 \pm 2.509
T ₃₂ CP ₁₀₀₀	0.0370 \pm 0.0032	13.08 \pm 0.612	53.573 \pm 1.208	0.1205 \pm 0.0095	18.120 \pm 0.692	17.632 \pm 2.351

Las medias seguidas por las mismas letras en las columnas no difirieron según la prueba de Tukey ($p > 0.05$). * $p < 0.05$. ^{ns}: no significativo.

Tabla 2. Valores promedio (media \pm desviación estándar) de longitud total (TL; mm), peso (P; g), tasa específica de crecimiento diario (TEC; % día⁻¹) entre el día 16 y el día 30 de larvicultura de *Colossoma macropomun* alimentado exclusivamente con una dieta comercial.

Estadística	Valores F (después de 22 días de larvicultura)			Valores F (después de 30 días de larvicultura)		
	P	TL	TEC	P	TL	TEC
Concentraciones de presas (CP)	19.91*	21.06*	0.66 ^{ns}	1.13 ^{ns}	22.59*	1.89 ^{ns}
Temperatura (T)	10.24*	13.79*	0.58 ^{ns}	144.99*	502.02*	1.4 ^{ns}
Interacción CP x T	<0.001 ^{ns}	0.02 ^{ns}	1.38 ^{ns}	1.04 ^{ns}	4.99 ^{ns}	0.21 ^{ns}
Medios para CP						
CP ₅₀₀	0.1658 \pm 0.081b	19.367 \pm 3.060b	13.721 \pm 6.743	0.4007 \pm 0.228	27.360 \pm 5.711b	9.398 \pm 4.852
CP ₁₀₀₀	0.2562 \pm 0.089a	23.002 \pm 2.959a	13.878 \pm 3.652	0.4589 \pm 0.1914	30.014 \pm 4.657a	6.525 \pm 5.106
Medios para T						
T ₂₈	0.1476 \pm 0.055b	18.938 \pm 2.659b	12.764 \pm 5.955	0.2232 \pm 0.075b	23.364 \pm 1.762b	6.248 \pm 4.983
T ₃₂	0.2761 \pm 0.084a	23.431 \pm 2.658a	14.835 \pm 4.573	0.6069 \pm 0.075a	33.179 \pm 0.965a	9.640 \pm 4.782
Medios para CP X T						
T ₂₈ CP ₅₀₀	0.1024 \pm 0.029	17.054 \pm 2.337	11.089 \pm 7.148	0.1952 \pm 0.006	22.081 \pm 1.027	7.049 \pm 4.732
T ₂₈ CP ₁₀₀₀	0.1929 \pm 0.029	20.821 \pm 1.257	14.439 \pm 4.916	0.2607 \pm 0.013	25.075 \pm 0.225	5.181 \pm 6.159
T ₃₂ CP ₅₀₀	0.2287 \pm 0.062	21.679 \pm 1.458	16.354 \pm 6.044	0.6063 \pm 0.009	32.639 \pm 0.860	11.741 \pm 4.223
T ₃₂ CP ₁₀₀₀	0.3196 \pm 0.085	25.184 \pm 2.484	13.317 \pm 2.475	0.6077 \pm 0.0662	33.719 \pm 0.809	7.533 \pm 4.868

Las medias seguidas por las mismas letras en las columnas no difirieron según la prueba de Tukey ($p > 0.05$). * $p < 0.05$. ^{ns}: no significativo.

DISCUSIÓN

La temperatura del agua es, de hecho, un factor crítico que afecta el crecimiento y el rendimiento de varias especies de peces, y parece tener una influencia similar en la larvicultura de *C. macropomum*. El hábitat natural de esta especie en la cuenca del Amazonas subraya la importancia de la adaptabilidad estacional, lo que destaca la capacidad de la especie para resistir las condiciones ambientales fluctuantes. En el estudio, la temperatura intermedia y constante de 32°C promueve un mejor crecimiento y supervivencia en conjunto con la disponibilidad de alimento. Esto se alinea con hallazgos anteriores que indican que las temperaturas más altas pueden maximizar el crecimiento larval de varias especies de peces, respaldando la idea de que *C. macropomum* prospera en aguas más cálidas dentro de un rango específico.

Curiosamente, los resultados del estudio indicaron que la concentración de presas no influyó significativamente en el rendimiento de las larvas durante el período inicial de larvicultura de siete días. Esto se alinea con la comprensión de que ajustar la concentración de presas puede ser beneficioso, dependiendo de la temperatura y las estrategias de gestión específicas empleadas. Por ejemplo, las concentraciones más bajas de presas son más adecuadas a temperaturas más bajas, lo que reduce tanto el costo de los alimentos vivos como el riesgo de degradación de la calidad del agua. Por el contrario, las concentraciones más altas de presas pueden ser beneficiosas a temperaturas más altas, facilitando un crecimiento más significativo de los animales. La recomendación del estudio de utilizar estrategias de gestión diferenciadas en función de las diferentes concentraciones de presas durante el período de larvicultura inicial de 15 días sugiere un enfoque equilibrado y dinámico para optimizar el crecimiento, mejorar la calidad del agua y gestionar los costos de manera efectiva.

Estos hallazgos subrayan la importancia de enfoques holísticos y adaptables en la gestión de la larvicultura, especialmente cuando se trata de especies sensibles a la temperatura como *C. macropomum*. El empleo de estrategias adaptadas basadas en condiciones ambientales específicas y necesidades biológicas puede dar como resultado una mejora en las tasas de supervivencia y un crecimiento mejorado para esta especie. Estudios adicionales e investigaciones continuas en esta área podrían

conducir a prácticas de larvicultura más refinadas y eficientes para *C. macropomum* y especies similares en el futuro.

Después de retirar el alimento vivo y suministrar exclusivamente una dieta comercial, los animales alimentados con la concentración inicial de presas CP₁₀₀₀ mostraron mejores resultados en P y TL después de 22 días de larvicultura, lo que puede ser consecuencia del mayor tamaño de estos animales después de los primeros 15 días de larvicultura. Sin embargo, después de 30 días, solo TL fue mayor para las larvas que recibieron el manejo alimenticio de CP₁₀₀₀, lo que indica que para ambos manejos se logró la aceptación de la dieta comercial de manera exitosa. Este hallazgo se informó previamente (38,39) al realizar el mismo procedimiento de intercambio de alimento de nauplios de *Artemia* a dieta comercial para larvas de *C. macropomum* después de 15 días de larvicultura con nauplios de *Artemia* a diferentes densidades de siembra.

No hubo mortalidad en ningún tratamiento durante los primeros 15 días de larvicultura, lo que muestra la eficiencia del manejo de larvicultura empleado para *C. macropomum*. Para la misma especie, se evaluaron densidades entre 10 y 50 larvas L⁻¹ y se registró una supervivencia superior al 78% durante los primeros 15 días de larvicultura con el uso de alimento vivo y una temperatura promedio del agua de 28°C (38,39). De manera similar al presente estudio, diferentes concentraciones de presas tampoco afectaron la supervivencia de *R. aspera* (32), *L. alexandri* (13,34), *H. lacerdae* (33), pez de la flor (*Amphilophus labiatus* × *Amphilophus trimaculatus*) (17) e *Hypsolebias radiseriatus* (35). Sin embargo, se registraron mejores resultados de supervivencia después de 30 días de larvicultura (15 días de alimentación exclusiva con una dieta comercial) a la temperatura más alta (T32), con un promedio de 94,38 ± 6.12%, independientemente de la concentración de presas, lo que refuerza la importancia del rendimiento y una mejor aceptación de la dieta comercial. Estos valores están por encima de los encontrados para la larvicultura intensiva de *C. macropomum* (38,39,41) y para otros peces redondos como el Tambacu (♀ *C. macropomum* X ♂ *P. mesopotamicus*) (53) y *P. mesopotamicus* (54,55). También se ha encontrado que la temperatura afecta la supervivencia de otras especies, como el bagre amarillo (♀ *Tachysurus fulvidraco* × ♂ *Pseudobagrus vachellii*), que tuvo tasas de supervivencia larval promedio del 68.0% a 33°C y del 79.0% a 30.9°C (44), mientras que

(51) registró una mejor supervivencia a 30°C con 84.3% para los alevines de *O. niloticus* después de 28 días de cultivo, mientras que a 32°C fue de 79.7%.

En conclusión, la larvicultura de *C. macropomum* debe llevarse a cabo con una temperatura del agua de 32°C durante los 30 días de larvicultura y con un manejo alimenticio diferenciado durante los primeros 15 días: manejo de CP₅₀₀ durante los primeros siete días y CP₁₀₀₀ hasta el día 15. El resultado será una influencia positiva en el período de alimentación con una dieta extruida comercial.

Conflictos de interés

Los autores de este estudio declaramos que no existe conflicto de intereses con la publicación del presente manuscrito.

Financiación

La presente investigación fue financiada por el Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq-Brasil - 402952/2021-9), la Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG-Brasil - APQ-01531-21) y la Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES-Brasil). LUZ, R.K. recibió una beca de investigación del Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq No. 308547/2018-7).

REFERENCIAS

1. Sebesta R, Kucharczyk D, Nowosad J, Sikora M, Stejskal V. Effect of temperature on growth and survival of maraena whitefish *Coregonus maraena* (Bloch 1779) larvae in controlled conditions. *Aqua Res.* 2018; 49:3151–3157. <https://doi.org/10.1111/are.13778>
2. Brett JR, Groves TDD. Physiological energetics. *Fish Phys.* 1979; 8(6):280-352.
3. Gadomski DM, Caddell SM. Effects of temperature on early-life-history stages of California halibut *Paralichthys californicus*. *Fish Bull.* 1991; 89(4):567-576. <https://pubs.er.usgs.gov/publication/70180738>
4. Keckeis H, Kamler E, Bauer-Nemeschkal E, Schneeweiss K. Survival, development and food energy partitioning of nase larvae and early juveniles at different temperatures. *Jour Fish Biol.* 2001; 59:45–61. <https://doi.org/10.1006/jfbi.2001.1596>
5. Hansen TK, Falk-Petersen IB. Growth and survival of first-feeding spotted wolffish (*Anarhichas minor* Olafsen) at various temperature regimes. *Aquac Res.* 2002; 33:1119–1127. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.2002.00756.x>
6. Rijnsdorp AD, Peck MA, Engelhard GH, Möllmann C, Pinnegar JK. Resolving the effect of climate change on fish populations. *J Mar Sci.* 2009; 66:1570–1583. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsp056>
7. Costa DP, de Oliveira PLF, Takata R, Costa DC, Souza e SW, Melillo FR, et al. Effects of temperature on growth, survival and physiological parameters in juveniles of *Lophosilurus alexandri*, a carnivorous neotropical catfish. *Aquac Res.* 2016; 47:1706–1715. <https://doi.org/10.1111/are.12594>
8. Barros IBA, Villacorta-Correa MA, Carvalho TB. Stocking density and water temperature as modulators of aggressiveness, survival and zootechnical performance in matrinxã larvae, *Brycon amazonicus*. *Aquaculture* 2019; 502:378–383. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.12.070>
9. Yamamoto T, Shima T, Furuita H, Sugita T, Suzuki N. Effects of feeding time, water temperature, feeding frequency and dietary composition on apparent nutrient digestibility in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* and common carp *Cyprinus carpio*. *Fish Sci.* 2007; 73:161–170. <https://doi.org/10.1111/j.1444-2906.2007.01314.x>

10. Bøgevik AS, Henderson RJ, Mundheim H, Waagbø R, Tocher DR, Olsen RE. The influence of temperature on the apparent lipid digestibility in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed *Calanus finmarchicus* oil at two dietary levels. *Aquaculture*. 2010; 309:143–151. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.08.016>
11. Handeland SO, Imsland AK, Stefansson SO. The effect of temperature and fish size on growth, feed intake, food conversion efficiency and stomach evacuation rate of Atlantic salmon post-smolts. *Aquaculture*. 2008; 283:36–42. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.06.042>
12. Takata R, Nakayama CL, Silva W, Bazzoli NS, Luz RK. The effect of water temperature on muscle cellularity and gill tissue of larval and juvenile *Lophosilurus alexandri*, a Neotropical freshwater fish. *J Therm Biol*. 2018; 76:80–88. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.07.007>
13. Santos JCE, Luz RK. Effect of salinity and prey concentrations on *Pseudoplatystoma corruscans*, *Prochilodus costatus* and *Lophosilurus alexandri* larviculture. *Aquaculture*. 2009; 287:324–328. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.10.014>
14. Hearth S, Atapaththu SKSS. Sudden weaning of Angel fish *Pterophyllum Scalare* (Lichtenstein) (Pisces: Cichlidae) larvae brine shrimp (*Artemia* sp.) nauplii to formulated larva feed. *Spring*. 2013; 2:102. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-102>
15. Zuanon JAS, Salaro AL, Furuya WM. Produção e nutrição de peixes ornamentais. *R Bras Zootec*. 2011; 40:165–174. <https://www.sbz.org.br/revista/artigos/66271.pdf>
16. Dias JAR, Abe HA, Sousa NC, Ramos FM, Cordeiro CAM, Fujimoto RY. Uso do sal comum (NaCl) e densidade de estocagem durante a larvicultura de *Betta splendens*. *Bol Inst Pes*. 2016; 42:719–726. <https://doi.org/10.20950/1678-2305.2016v42n3p719>
17. Abe HA, Reis RGA, Barros FAL, Paixão PEG, Meneses JO, Souza JCN et al. Optimal management improves Flowerhorn fish larviculture. *Aquac res*. 2021; 52(5):2353–2358. <https://doi.org/10.1111/are.15085>
18. Blaxter JHS. The effect of temperature on larval fishes. *Neth J Zool*. 1991; 42:336–357. <https://doi.org/10.1163/156854291X00379>
19. Takata R, Silva WS, Costa DC, Filho RM, Luz RK. Effect of water temperature and prey concentrations on initial development of *Lophosilurus alexandri* Steindachner, 1876 (Siluriformes: Pseudopimelodidae), a freshwater fish. *Neot Ichth*. 2014; 12:853–860. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-20140063>
20. Espirito Santo AH, de Alba G, Reis YS, Costa LS, Sánchez-Vázquez FJ, Luz RK, Ribeiro PAP, López-Olmeda JF. Effects of temperature regime on growth and daily rhythms of digestive factors in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) larvae. *Aquaculture*. 2020; 528:735545. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735545>
21. Gomes LC, Baldisserotto B, Senhorini JA. Effect of stocking density on water quality, survival, and growth of larvae of the matrinxã, *Brycon cephalus* (Characidae), in ponds. *Aquaculture*. 2000; 183:73–81. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00288-4](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00288-4)
22. Bermudes M, Glencross B, Austen K, Hawkins W. The effects of temperature and size on the growth, energy budget and waste outputs of barramundi (*Lates calcarifer*). *Aquaculture*. 2010; 306:160–166. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.05.031>
23. Sun L, Chen H. Effects of ration and temperature on growth, fecal production, nitrogenous excretion and energy budget of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). *Aquaculture*. 2009; 292:197–206. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.04.041>
24. Bendiksen EÅ, Berg OK, Jobling M, Arnesen AM, Måsøval K. Digestibility, growth and nutrient utilisation of Atlantic salmon parr (*Salmo salar* L.) in relation to temperature, feed fat content and oil source. *Aquaculture*. 2003; 224:283–299. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00218-7](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00218-7)
25. McCormick SD, Shrimpton JM, Zydlewski JD. Temperature effects on osmoregulatory physiology of juvenile anadromous fish. *Global warming: implications for freshwater and marine fish*. Cambridge University Press; 1997.

26. Portella MC, Jomori RK, Leitão NJ, Menossi OCC, Freitas TM, Kojima JT, et al. Larval development of indigenous South American freshwater fish species, with particular reference to pacu (*Piaractus mesopotamicus*): A review. *Aquaculture*. 2014; 432:402–417. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.04.032>
27. Fabregat TEHP, Damian J, Fialho NS, Costa D, Broggi JA, Pereira RG, Takata R. Toxicidade aguda ao sal comum e larvicultura intensiva do jundiá *Rhamdia quelen* em água salobra. *Arq Brasil Med Vet Zootec*. 2015; 67(2):547-554. <https://doi.org/10.1590/1678-7660>
28. Diemer O, Neu DH, Sary C, Finkler JK, Boscolo WR, Feiden A. Artemia sp. na alimentação de larvas de jundiá (*Rhamdia quelen*). *Ciênc Anim Brasil*. 2012; 13(2):175-179. <http://hdl.handle.net/11449/73262>
29. Schutz, JH, Weinfartner, M, Zaniboni-Filho, E, Nuñez, APO. Crescimento e sobrevivência de larvas de suruvi *Steindachneridion scriptum* nos primeiros dias de vida: influência de diferentes alimentos e fotoperíodos. *Boletim do Instituto de Pesca*. 2008; 34(3):443-451. <https://institutodepesca.org/index.php/bip/article/view/813/796>
30. Fosse PJ, Mattos DC, Cardoso LD, Motta JHS, Jasper APS, Radael M, Andrade DR, Júnior V. Estratégia de coalimentação na sobrevivência e no crescimento de larvas de *Betta splendens* durante a transição alimentar. *Arq Brasil Med Vet Zootec*. 2013; 65(6):1801-1807. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352013000600030>
31. Oliveira LCC, Neto EDAS, Junuioir ADSP, Eiras BJCF, Veras GC, de Moura LB, Campelo DAV. Effect of prey concentrations and salinized water on initial development of *Pyrrhulina brevis* (Steindachner, 1876), an Amazonian ornamental fish. *Res Soc Devel*. 2020; 9(8):e381985582 <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i8.5582>
32. Santos JCE, Pedreira MM, Luz RK. The effects of stocking density, prey concentration and feeding on *Rhinelepis aspera* (Spix & Agassiz, 1829) (Pisces: Loricariidae) larviculture. *Act Scien. Biol Sci*. 2012; 34:133–139. <https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v34i2.8541>
33. Luz RK, Portella MC. Effect of prey concentrations and feed training on production of *Hoplias lacerdae* juvenile. *An Acad Brasil Ciênc*. 2015; 87:1125–1132. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201520140412>
34. Santos JCE, Souza Correia E, Luz RK. Effect of daily artemia nauplii concentrations during juvenile production of *Lophiosilurus alexandri*. *Bol Inst Pes*. 2015; 41(Special):771-776. <https://institutodepesca.org/index.php/bip/article/view/1104/1081>
35. Araújo LM, Gonçalves Junior LP, E Silva W de S, Luz RK. Salinity and prey concentration on larviculture of killifish *Hypsolebias radiseriatus* (Cyprinodontiformes: Rivulidae). *Acta Sci Anim Sci*. 2020; 43:1–9. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v43i1.52075>
36. Reis RGA, Alves PCJ, Abe HA, da Costa Sousa N, Paixão PEG, Palheta GDA, et al. Feed management and stocking density for larviculture of the Amazon ornamental fish L333 king tiger pleco *Hypancistrus* sp. (Siluriformes: Loricariidae). *Aqua Res*. 2020; 52(5):1995-2003. <https://doi.org/10.1111/are.15047>
37. Lee SM, Hwang UG, Cho SH. Effects of feeding frequency and dietary moisture content on growth, body composition and gastric evacuation of juvenile Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). *Aquaculture*. 2000; 187:399–409. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(00\)00318-5](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(00)00318-5)
38. Santos FAC, Julio GSC, Luz RK. Stocking density in *Colossoma macropomum* larviculture, a freshwater fish, in recirculating aquaculture system. *Aqua Res*. 2021; 52(3):1185-1191. <https://doi.org/10.1111/are.14976>
39. Santos FAC, Julio, GSC, Batista, FS, Miranda, LNL, Pedras, PPC, Luz, RK. High stocking densities in the larviculture of *Colossoma macropomum* in a recirculating aquaculture system: Performance, survival and economic viability. *Aquaculture*. 2022; 552:738016. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738016>

40. Santos SS, Lopes JP, dos Santos-Neto MA, Santos LS. Larvicultura do Tambaqui em diferentes densidades de estocagem. *Rev Brasil Eng Pes.* 2007; 2:18–25. <https://doi.org/10.18817/repesca.v2i3.48>
41. Jomori RK, Luz RK, Takata R, Perez Fabregat TEH, Portella MC. Agua levemente salinizada aumenta a eficiência da larvicultura de peixes neotropicais. *Pes Agro Brasil.* 2013; 48:809–815. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013000800001>
42. Pedreira, MM, Sipaúba-Tavares, LH. Effect of light green and dark brown colored tanks on survival rates and development of tambaqui larvae, *Colossoma macropomum* (Osteichthyes, Serrasalimidae). *Acta Scien.* 2001; 23(2):521-525. <https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v23i0.2711>
43. Pedreira, MM., Schorer, M, Ferreira, AL. Utilização de diferentes dietas na primeira alimentação de larvas de tambaqui. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Anim.* 2015; 16:440–448. <https://doi.org/10.1590/s1519-99402015000200018>
44. Qiang J, Zhong CY, Bao JW, Liang M, Liang C, Li HX, He J, Xu P. The effects of temperature and dissolved oxygen on the growth, survival and oxidative capacity of newly hatched hybrid yellow catfish larvae (*Tachysurus fulvidraco*♀ × *Pseudobagrus vachellii*♂). *Jour. Therm. Biol.* 2019; 86:102436. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2019.102436>
45. Miegel RP, Pain SJ, Van Wettere WHEJ, Howarth GS, Stone DAJ. Effect of water temperature on gut transit time, digestive enzyme activity and nutrient digestibility in yellowtail kingfish (*Seriola lalandi*). *Aquaculture.* 2010; 308:145–151. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.07.036>
46. Barros IBA, Villacorta-Correa MA, Carvalho TB. Stocking density and water temperature as modulators of aggressiveness, survival and zootechnical performance in matrinxã larvae, *Brycon amazonicus*. *Aquaculture* 2019; 502:378–383. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.12.070>
47. Almeida-Val VMF, Gomes ARC, Lopes NP. Metabolic and physiological adjustments to low oxygen and high temperature in fishes of the Amazon. *Fish Physiology.* 2005; 21:443-500. [https://doi.org/10.1016/S1546-5098\(05\)21010-5](https://doi.org/10.1016/S1546-5098(05)21010-5)
48. Kramer DL, Lindsey CC, Moodie GEE, Stevens ED. The fishes and the aquatic environment of the central Amazon basin, with particular reference to respiratory patterns. *Canad Jour Zool.* 1978; 56:717–729. <https://doi.org/10.1139/z78-101>
49. Hochachka PW, Somero GN. *Biochemical adaptation: mechanism and process in physiological evolution.* Oxford university press; 2002.
50. Conceição LEC, Dersjant-Li Y, Verreth JAJ. Cost of growth in larval and juvenile African catfish (*Clarias gariepinus*) in relation to growth rate, food intake and oxygen consumption. *Aquaculture.* 1998; 161:95–106. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(97\)00260-3](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(97)00260-3)
51. Drummond CD, Murgas LDS, Vicentini B. Growth and survival of tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) submitted to different temperatures during the process of sex reversal. *Ciênc Agrotec.* 2009; 33:895–902. <https://doi.org/10.1590/s1413-70542009000300033>
52. Luz RK, Zaniboni-Filho E. Utilização de diferentes dietas na primeira alimentação do mandi-amarelo (*Pimelodus maculatus*, Lacépède). *Acta Scie Bio Scie.* 2001; 23:483–489. <https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v23i0.2704>
53. Lombardi DC, Gomes LDC. Substituição de alimento vivo por alimento inerte na larvicultura intensiva do tambacu (♀ *Colossoma macropomum* X ♂ *Piaractus mesopotamicus*). *Acta Scie Ani Scie;* 2009; 30:467–472. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v30i4.3835>
54. Jomori RK, Carneiro DJ, Malheiros EB, Portella MC. Growth and survival of pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) juveniles reared in ponds or at different initial larviculture periods indoors. *Aquaculture.* 2003; 221:277–287. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00069-3](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00069-3)
55. Hernández DR, Agüero CH, Santinón JJ, González AO, Sánchez, S. Growth, survival and bone alterations in *Piaractus mesopotamicus* larvae under different rearing protocols. *Ciênc Rur.* 2015; 45:1667–1673. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20141139>